

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 481**

51 Int. Cl.:

**G05B 23/02** (2006.01)

**G01R 31/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2008** **E 08779936 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2015** **EP 2174197**

54 Título: **Sistema y método para el mantenimiento predictivo de un conjunto de baterías por medio del procesamiento temporal de señales**

30 Prioridad:

**05.07.2007 US 773504**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**11.09.2015**

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD. (100.0%)  
AFFOLTERNSTRASSE 44  
8050 ZÜRICH, CH**

72 Inventor/es:

**MOUSAVI, MIRRASOUL;  
MAHARSI, MOHAMED;  
BAYOUMI, DEIA y  
MCGOWAN, JOHN J.**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

**ES 2 545 481 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema y método para el mantenimiento predictivo de un conjunto de baterías por medio del procesamiento temporal de señales

5

Antecedentes de la invención

[0001] La tecnología de la presente divulgación se refiere generalmente a la monitorización y la evaluación continua del rendimiento de un conjunto de baterías y, más particularmente, a un sistema y a un método para el mantenimiento predictivo de un conjunto de baterías basado en el procesamiento temporal de un parámetro monitorizado.

10

[0002] Generalmente, se utilizan subestaciones que forman parte de un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica para cambiar circuitos de potencia y transformar la potencia de un voltaje a otro. Las subestaciones pueden incluir diversos dispositivos, tales como interruptores, disyuntores, barras colectoras y transformadores. Las subestaciones pueden incluir uno o varios sistemas de baterías para proporcionar corriente continua (CC) a relés de protección, circuitos de control con disyuntor y otros dispositivos de control, de monitorización y de señalización de baja potencia en caso de que ocurra un fallo del sistema eléctrico o durante la reconfiguración del circuito. Si las baterías no son funcionales y no están preparadas para proporcionar un suministro de energía fiable en estas situaciones, las funciones de protección, control, monitorización y conmutación no estarán disponibles.

15

La solicitud de patente de EEUU nº 2006/025828 divulga un método y un equipo para la monitorización del consumo de energía y de las características de impedancia relacionadas con dispositivos médicos implantables.

20

La solicitud de patente de EEUU nº 4,937,528 divulga la monitorización de un acumulador para vehículos que permite determinar la capacidad de la batería, el estado de carga y determinadas condiciones defectuosas.

25

Resumen

[0003] En vista de todo lo anterior, existe en la técnica una necesidad de monitorizar un conjunto de baterías para valorar la salud y disponibilidad del conjunto de baterías mientras el conjunto de baterías está en funcionamiento.

30

[0004] Según un aspecto de la divulgación, un método de monitorización de un conjunto de baterías incluye la monitorización de un parámetro asociado con el conjunto de baterías para obtener un determinado número de muestras del parámetro monitorizado, la generación de una secuencia temporal de valores monótonamente crecientes a partir de las muestras del parámetro monitorizado y el análisis de la secuencia temporal en busca de una indicación de una tendencia del parámetro monitorizado hacia o bien un límite operativo superior, o bien un límite operativo inferior para predecir defectos del conjunto de baterías.

35

[0005] Según otro aspecto de la divulgación, un dispositivo de monitorización predictiva para un conjunto de baterías incluye un analizador que genera una secuencia temporal de valores monótonamente crecientes basados en una serie de muestras del parámetro monitorizado, donde las muestras de dicho parámetro monitorizado se han obtenido mediante la monitorización de un parámetro asociado al conjunto de baterías, y que analiza la secuencia temporal en busca de una indicación de una tendencia del parámetro monitorizado hacia o bien un límite operativo superior o bien un límite operativo inferior para predecir defectos del conjunto de baterías.

40

[0006] Estas y otras características serán evidentes con referencia a la descripción y los dibujos que aparecen a continuación. En la descripción y los dibujos se han descrito con detalle formas de realización particulares de la invención como indicativas de algunos de los modos según los cuales se pueden emplear los principios de la invención, pero se entiende que el alcance de la invención no se limita a ellas. Más bien al contrario, la invención incluye todos los cambios, modificaciones y equivalentes dentro del alcance de las reivindicaciones incluidas en este documento.

45

[0007] Las características que se describen o ilustran respecto a una forma de realización se puede utilizar de la misma manera o de una manera similar en otra u otras formas de realización y/o en combinación con o en vez de las características de las otras formas de realización.

50

Breve descripción de los dibujos

55

[0008]

La Figura 1 es un diagrama esquemático de bloques de un ejemplo de sistema de baterías que incluye un sistema de monitorización predictiva para un conjunto de baterías;

60

La Figura 2 es una representación gráfica de un ejemplo de método de monitorización de múltiples niveles y múltiples aspectos para un conjunto de baterías.

65

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un ejemplo de método de monitorización predictiva y mantenimiento de baterías;

La Figura 4 es una representación gráfica de un ejemplo de mapeo de valores monitorizados en una secuencia

temporal;

La Figura 5 es un diagrama de flujo de un ejemplo de método para determinar los valores de la secuencia temporal a partir del estado de las baterías monitorizadas;

La Figura 6 es una representación gráfica de un ejemplo de función de alarma de múltiples niveles basada en los tiempos de llegada de los valores de la secuencia temporal;

Las Figuras 7A, 7B y 7C son gráficos con ejemplos de tendencias de los valores monitorizados que corresponden a diversos estados de la batería;

Las Figuras 8A, 8B y 8C son gráficos con ejemplos de una señal de entrada, una secuencia temporal y una señal de alarma, respectivamente, para una primera evaluación simulada del rendimiento de un conjunto de baterías;

Las Figuras 9A, 9B y 9C son gráficos con ejemplos de una señal de entrada, una secuencia temporal y una señal de alarma, respectivamente, para una segunda evaluación simulada del rendimiento de un conjunto de baterías;

Las Figuras 10A, 10B y 10C son gráficos con ejemplos de una señal de entrada, una secuencia temporal y una señal de alarma, respectivamente, para una tercera evaluación simulada del rendimiento de un conjunto de baterías;

Las Figuras 11A, 11 B y 11C son gráficos con ejemplos de una señal de entrada, una secuencia temporal y una señal de alarma, respectivamente, para una cuarta evaluación simulada del rendimiento de un conjunto de baterías; y

Las Figuras 12A, 12B y 12C son gráficos con ejemplos de una señal de entrada, una secuencia temporal y una señal de alarma, respectivamente, para una quinta evaluación simulada del rendimiento de un conjunto de baterías.

#### Descripción detallada de las formas de realización

[0009] A continuación se describirán las formas de realización de la presente invención en referencia a los dibujos, donde se utilizan números de referencia para designar los elementos correspondientes. Se entiende que las figuras no están hechas a escala necesariamente.

[0010] En referencia inicial a la Figura 1, se ilustra un ejemplo de sistema de monitorización predictiva 10 para un conjunto de baterías monitorizado 12. El sistema 10, y el método asociado, pueden identificar problemas inminentes del conjunto de baterías 12 antes de que se produzca un fallo del de conjunto de baterías 12. En un ejemplo de aplicación, el sistema 10 y el método pueden servir como base para un programa de mantenimiento predictivo para baterías de subestaciones eléctricas en funcionamiento y para componentes de suministro de energía a dispositivos electrónicos inteligentes (IED) en los que el estado de salud se determina de forma continua e incremental. En otro contexto operativo de ejemplo, el conjunto de baterías 12 puede ser una batería de vehículo que proporciona energía a la maquinaria y equipos del vehículo. En otro contexto operativo de ejemplo, el conjunto de baterías 12 puede formar parte de un suministro ininterrumpido de energía (UPS) para el sistema de un ordenador, un dispositivo sanitario u otro dispositivo electrónico.

[0011] En el ejemplo ilustrado, el conjunto de baterías 12 es una batería de plomo y ácido con múltiples series 14, cada una de las cuales incluye tres cajetines 16 (llamados a veces monobloc) que tienen, respectivamente, tres células 18. Como se podrá apreciar, esta disposición del conjunto de baterías 12 es ilustrativa y también son posibles otras disposiciones para el sistema de baterías 12. El conjunto de baterías monitorizadas 12 puede ser un sistema de baterías completo o parte de un sistema de baterías, como una o varias células 18, uno o varios cajetines 16 o una o varias series 14 del sistema de baterías. Asimismo, el sistema 10 y el método asociado a él tienen aplicaciones para otros conjuntos de baterías además de las baterías de plomo y ácido, incluyendo, pero sin limitarse a, baterías de níquel-cadmio, baterías de polímero de níquel, y baterías de níquel-zinc.

El conjunto de baterías 12 está relacionado con una configuración de batería no sellada (también denominada abierta) o una configuración de batería sellada.

[0012] El conjunto de baterías 12 está dispuesto operativamente junto con una carga 20 para suministrar energía eléctrica a la carga 20. En una forma de realización, el conjunto de baterías 12 es la fuente de electricidad primaria o única para la carga 20. En otras formas de realización, el conjunto de baterías 12 es una fuente de electricidad secundaria o de seguridad para la carga 20 y se usa solo cuando no se puede obtener potencia de una fuente primaria, como del suministro público de energía.

[0013] En un ejemplo de contexto operativo, la carga 20 incluye uno o varios componentes de un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica que se utilizan para conectar o interrumpir circuitos de energía, llevar a cabo el control, la protección y la monitorización, etc. En este contexto operativo, la carga 20 puede incluir uno o varios de relés de protección, dispositivos de control, dispositivos indicadores del estado del funcionamiento o de fallos del mismo, cualquier categoría de IED (por ejemplo, dispositivos basados en microprocesadores, relés o dispositivos de protección o control), etcétera.

[0014] Aunque no está ilustrado, puede haber un dispositivo de carga para mantener la capacidad de producción de energía del conjunto de baterías 12. Por ejemplo, el dispositivo de carga puede, periódicamente, descargar y cargar de forma lenta y continua el conjunto de baterías 12.

5 [0015] El sistema de monitorización predictiva 10 puede incluir un ensamblado de monitorización 22 que incluye uno o varios dispositivos de monitorización, tales como sensores adecuados para hacer mediciones representativas del parámetro o parámetros monitorizados deseados. La monitorización de la salud y el estado del conjunto de baterías 12 puede incluir la monitorización de uno o varios parámetros con el ensamblado de monitorización 22. Por ejemplo, el  
10 ensamblado de monitorización 22 puede medir uno o varios de los siguientes parámetros: voltaje, corriente o temperatura del conjunto de baterías 12. Además, la impedancia interna del conjunto de baterías 12 se puede monitorizar mediante la medición del voltaje y la corriente y mediante el cálculo de un valor de impedancia. Tal y como se indica, el conjunto de baterías monitorizado 12 puede ser un sistema de baterías entero o un componente de suministro de energía a IED. En otra forma de realización, el conjunto de baterías monitorizado 12 puede ser una serie  
15 de un cajetín 16 o una célula 18 individualmente monitorizada o puede ser cualquier combinación de componentes (por ejemplo, la impedancia media de varias series 14). Así, el parámetro monitorizado se puede monitorizar mientras el conjunto de baterías 12 está "on-line" (por ejemplo, en funcionamiento en una capacidad primaria o secundaria) y a cualquiera de los niveles celular, de cajetín, de serie, de ensamblado/sistema, o una combinación de niveles.

[0016] En cuanto a los valores de impedancia interna de un conjunto de baterías, es típico, por ejemplo, que la impedancia aumente a un ritmo relativamente estable a medida que el conjunto de baterías envejece. Sin embargo, un ritmo acelerado y anormal de aumento de la impedancia puede indicar problemas internos del conjunto de baterías.

[0017] Otro ejemplo es que el voltaje de flotación de un conjunto de baterías puede disminuir con el tiempo. Aun así, aunque todos los valores de voltaje medidos estén dentro de los límites establecidos por el fabricante, puede haber un estado defectuoso incipiente del conjunto de baterías.  
25

[0018] Los métodos de monitorización convencionales generan alarmas como reacción a un problema que ya ha pasado su fase inicial. Por ejemplo, en el contexto de una subestación y de un dispositivo con disyuntor/interruptor, el voltaje de corriente continua (CC) medido en el relé o en los terminales de un IED se puede utilizar para estimar el voltaje de la batería. Los valores de voltaje medidos se han comparado de forma convencional con un umbral alto y un umbral bajo para detectar, respectivamente, un estado de sobrecarga y un estado de sobredescarga/fracarga. Así, siempre que el valor instantáneo del voltaje de la batería sobrepasa uno de los umbrales, se puede generar una alarma. Si el voltaje de la batería se mantiene entre los umbrales, el estado de la batería se considera normal. Este método tiende a no identificar problemas en la batería hasta que la batería está defectuosa y ya no funciona como fuente de energía, especialmente en baterías de ácido y plomo reguladas por válvula (VRLA), en las que el voltaje de flotación tiende a permanecer dentro los límites especificados por el fabricante aunque haya un problema grave en la batería.  
30  
35

[0019] Además, muchas de las tareas de monitorización dependen de inspecciones visuales in situ y se basan en mediciones que requieren la interpretación de un experto. Los costes de las inspecciones visuales in situ, los resultados inconsistentes que provienen de la interpretación manual y la incapacidad para realizar predicciones acerca de futuros fallos del conjunto de baterías pueden asociarse a la mayoría de métodos tradicionales de monitorización de baterías.  
40

[0020] El sistema y el método aquí descritos suponen un avance para el estado de la técnica y dejan atrás las técnicas que implican sobrepasar los umbrales de forma instantánea en pro de una evaluación predictiva de la salud del conjunto de baterías 12. Según los métodos descritos, el valor temporal de una serie de parámetros monitorizados se tiene en cuenta como parte de la evaluación predictiva. Esta evaluación temporal predictiva permite la predicción o detección constante de problemas incipientes antes de que el problema llegue a la fase de fallo. De este modo, el método de procesamiento de señales temporales utiliza la información incluida en los parámetros monitorizados para proporcionar un sistema de monitorización del conjunto de baterías 12 preventivo y de aplicación constante.  
45  
50

[0021] La evaluación temporal predictiva se puede realizar en un analizador 24 (FIG. 1) que, junto con el ensamblado de monitorización 22, forma parte del sistema de monitorización predictiva 10. La complejidad computacional de la evaluación temporal predictiva se minimiza para que el analizador 24 pueda ser introducido, al menos en parte, en un dispositivo de control (no mostrado) asociado a la carga 20. Por ejemplo, el analizador 24 se puede introducir en el dispositivo de control de una subestación que incluye un microprocesador o microcontrolador. En otra forma de realización, el analizador 24 puede ser un dispositivo autónomo, como un ordenador de uso general que cuenta con un procesador que ejecuta instrucciones lógicas (por ejemplo, programas) y con una memoria (por ejemplo, una memoria de sistema como la RAM y/o una memoria de almacenamiento de datos como un disco duro o una memoria flash).  
55

[0022] Como se puede apreciar, la evaluación temporal predictiva se puede realizar como una función de evaluación temporal predictiva 26. Los detalles adicionales y el funcionamiento de la función de evaluación temporal predictiva 26 se describirán con mayor detalle más adelante. La función de evaluación temporal predictiva 26 se puede realizar en forma de código ejecutable que se encuentra en el analizador 24 y que es ejecutado por este. En una forma de realización, la función de evaluación temporal predictiva 26 puede ser un programa almacenado en un medio legible por ordenador o por una máquina. La función de evaluación temporal predictiva 26 puede ser una aplicación de software autónoma o formar una parte de una aplicación de software que realiza tareas adicionales relacionadas con el  
60  
65

anizador 24 o con el módulo de control que incluye el anizador 24. En las formas de realización aquí descritas, la función de evaluación temporal predictiva 26 se realiza en forma de un código ejecutable ejecutado por un dispositivo de procesamiento.

5 No obstante, la funcionalidad de la función de evaluación temporal predictiva 26 podría realizarse a través de hardware específico (por ejemplo, un circuito), un microprograma o alguna una combinación de hardware, microprogramas y/o software.

10 [0023] En la forma de realización ilustrada, el análisis del/de los parámetro(s) monitorizado(s) se lleva a cabo de forma local. Por ejemplo, el anizador 24 se localiza relativamente próximo al conjunto de baterías 12. En la aplicación de una subestación, el anizador 24 se puede situar en el lugar donde está la subestación. En otra forma de realización, el/los parámetro(s) monitorizado(s) se puede(n) transmitir a otra ubicación para su procesamiento, como a una estación central de monitorización que analiza la información de las baterías de uno o varios conjuntos, que pueden tener diversas ubicaciones geográficas.

15 [0024] Las técnicas de monitorización preventiva del conjunto de baterías 12 permiten el mantenimiento justo a tiempo del conjunto de baterías 12 y de los componentes de suministro de energía para IED. Dichas técnicas utilizan información obtenida a través de la monitorización en línea y continua de al menos un parámetro asociado con el conjunto de baterías 12 durante un periodo de tiempo. El parámetro monitorizado puede medirse a intervalos regulares y grabarse (guardarse) para ser analizado. Tras recoger una cantidad de datos suficiente desde el punto de vista estadístico, se puede llevar a cabo un análisis para valorar la salud y estado del conjunto de baterías 12. Los cambios bruscos en el parámetro monitorizado se pueden identificar y tratar de forma instantánea. Los cambios graduales en el parámetro monitorizado se pueden identificar a través del análisis, y se puede utilizar una inclinación prolongada hacia un nivel de advertencia como desencadenante de una alarma justo a tiempo (por ejemplo, una señal de advertencia). La reacción de un usuario ante la alarma puede ser llevar a cabo una acción de investigación o de corrección, como llevar a cabo el mantenimiento, reparar o reemplazar todo o parte del conjunto de baterías 12.

30 [0025] La técnica de control predictivo puede usar información cronológica incluida en un parámetro monitorizado para detectar desviaciones graduales pero prolongadas en el parámetro monitorizado. Además, el grado del movimiento descendente o ascendente del parámetro monitorizado se puede estimar con el tiempo. Este avance en la monitorización de baterías permite tomar medidas preventivas para administrar el mantenimiento de la batería y evitan contingencias y fallos inesperados. Como se verá más claramente a continuación, el análisis del estado de la batería se basa en el valor actual del parámetro monitorizado, al igual que en los valores precedentes. El parámetro monitorizado se puede obtener a intervalos de tiempo regulares y los valores constatados se pueden almacenar en una base de datos para su análisis automatizado tras la recogida de un número predeterminado de valores.

35 [0026] Se pueden tomar distintas opciones de diseño respecto a la frecuencia de obtención de los valores del parámetro monitorizado. Por ejemplo, en situaciones donde se establece el conjunto de baterías 12 como fuente de energía primaria, el parámetro monitorizado se puede obtener con una frecuencia relativamente alta (por ejemplo, cada cinco o diez minutos, aproximadamente). En otras situaciones, como cuando el conjunto de baterías 12 es una fuente de energía secundaria, el parámetro monitorizado se puede obtener con menor frecuencia (por ejemplo, cada media hora o cada hora, aproximadamente).

40 [0027] El parámetro monitorizado puede ser un parámetro de medición directa, como el voltaje, la corriente, o la temperatura. De forma alternativa, el parámetro monitorizado puede ser una una combinación de valores de medición directa, como la impedancia derivada del voltaje medido y la corriente medida. El análisis predictivo se puede realizar solamente para un parámetro monitorizado o ser repetido para parámetros monitorizados adicionales.

45 [0028] Con referencia adicional a la Figura 2, los valores del parámetro monitorizado se pueden procesar respecto a un concepto de monitorización de múltiples niveles y dos aspectos. El concepto de monitorización de la forma de realización ilustrada es un método de tres niveles y dos aspectos. En la Figura 2 y en las figuras siguientes, los valores para el parámetro monitorizado están representados con puntos y se les denominará valores 28. El método de dos aspectos ilustrado muestra la magnitud del parámetro monitorizado (por ejemplo, el eje y) en relación con el tiempo (por ejemplo, el eje x).

50 [0029] Los niveles del método de múltiples niveles se corresponden con los límites predeterminados que indican el estado de la batería. Por ejemplo, en la forma de realización ilustrada, las fluctuaciones normales del parámetro monitorizado están, generalmente, entre un límite operativo ordinario superior 30a y un límite operativo ordinario inferior 30b. Los límites operativos ordinarios superiores e inferiores 30 se mantienen entre un límite operativo extraordinario superior 32a y un límite operativo extraordinario inferior 32b. Las regiones entre los bordes operativos ordinarios 30 y los bordes operativos extraordinarios 32 corresponden con el funcionamiento seminormal del conjunto de baterías 12. Los límites operativos extraordinarios 32 se mantienen entre un límite de alerta superior 34a y un límite de alerta inferior 34b, que corresponden a un estado problemático asociado al conjunto de baterías 12. La técnica de control predictivo cuantifica tendencias en el parámetro monitorizado y puede alertar al usuario en el momento adecuado. Tal y como se hará más aparente más adelante, para valorar la salud y el estado del conjunto de baterías 12 se utiliza preferentemente el comportamiento agregado del conjunto de baterías 12 en un periodo de tiempo antes que las fluctuaciones instantáneas respecto a un valor de umbral.

5 [0030] Con referencia adicional a la Figura 3, en ella se ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo de método de monitorización predictiva de la batería. El método de ejemplo se puede llevar a cabo mediante la puesta en práctica de una forma de realización de la función de evaluación temporal predictiva 26, por ejemplo. Así, se puede considerar que el diagrama de flujo de la Figura 3 describe los pasos de un método llevado a cabo por el analizador 24. El método incluye generalmente la determinación de una secuencia temporal ("Secuencia T") basada en valores del parámetro monitorizado, la determinación de valores de señal de alarma que correspondan a los valores de la secuencia T y la aplicación de un conjunto de reglas de parada.

10 [0031] El método puede comenzar en el bloque 36, donde se obtiene un número predeterminado de valores para el parámetro monitorizado. El parámetro monitorizado puede ser una función de uno o varios parámetros de entre voltaje, corriente, impedancia o temperatura. Por ejemplo, el parámetro monitorizado podría ser un valor medido directamente o un valor derivado de otro valor medido, como, a modo de ejemplo no restrictivo, la impedancia media de las células del sistema de baterías 12. El número predeterminado estará representado por la variable "m." En teoría, m podría ser tan reducido como tres valores, pero el resultado del análisis de tendencia tiene una mayor significancia práctica cuando se recogen y analizan más valores.

20 [0032] Con referencia adicional a la Figura 4, en ella aparece un ejemplo de serie de trece valores del parámetro monitorizado 28, a los que se da el nombre de V(1) para el primero (o valor monitorizado más antiguo) y así sucesivamente hasta V(13) para el decimotercer valor del parámetro monitorizado. A efectos del ejemplo ilustrado, se puede asumir que m se ha establecido en trece. Por lo tanto, V(13) puede considerarse el valor V(m) en el ejemplo ilustrado.

25 [0033] Los valores del parámetro monitorizado 28 muestran fluctuaciones en la magnitud de los valores del parámetro monitorizado 28 en un periodo de tiempo. Para llevar a cabo un análisis temporal del estado del conjunto de baterías 12, estas fluctuaciones se pueden transformar en una serie de valores de secuencia ordenados cronológicamente llamada secuencia T. De esta forma, el flujo lógico puede llegar al bloque 38, donde se determina una serie de valores de la secuencia T que corresponden a los valores del parámetro monitorizado 28. La determinación de la secuencia T se puede considerar una función con los valores del parámetro monitorizado 28 en el eje y y con una secuencia de puntos de datos que cuantifican el movimiento del parámetro monitorizado hacia un límite seleccionado en el eje x (por ejemplo, los límites 30, 32, o 34). Los puntos de datos incluyen un componente temporal. En conjunto, la secuencia de puntos de datos es monótonamente creciente y puede observarse como una secuencia de "tiempos de llegada" ordenada cronológicamente." Los pares adyacentes de tiempos de llegada están separados por "tiempos entre llegadas."

35 [0034] El bloque 38 se describe más adelante con referencia adicional a la figura 5, que es una ilustración de ejemplo de un diagrama de flujo de un método para determinar una secuencia T a partir de los valores del parámetro monitorizado 28. La determinación de la secuencia T puede comenzar en el bloque 40, donde se establece un valor de número entero "i" en uno. A continuación, en el bloque 42, se recupera el valor del parámetro monitorizado 28 para el valor de i, por ejemplo mediante la lectura del valor V(i) de una memoria que almacena los valores del parámetro monitorizado. De forma alternativa, el flujo lógico se puede obtener a medida que se obtiene el parámetro monitorizado.

45 [0035] En el bloque 44 se determina la proximidad del valor del parámetro monitorizado V(i) a un umbral predeterminado. El umbral predeterminado puede ser, por ejemplo, un umbral que corresponde a uno de los límites 30a, 30b, 32a, 32b, 34a o 34b. Se podrá apreciar que la determinación de proximidad respecto a un umbral que corresponde con un límite inferior (por ejemplo, 30b, 32b o 34b) indica de forma implícita la proximidad al límite superior asociado (por ejemplo, 30a, 32a o 34a, respectivamente), y viceversa.

El umbral puede tener un valor de magnitud que es igual a la magnitud del límite de interés, un valor de magnitud que es una función de la magnitud del límite de interés, o algún otro valor.

50 [0036] En el ejemplo ilustrado se determina la proximidad del valor del parámetro monitorizado V(i) respecto a un umbral que corresponde con el límite de alerta inferior 34b. La proximidad puede ser la diferencia numérica entre el valor V(i) y la magnitud del umbral, que está representada por una línea identificada como "Th". La proximidad puede estar expresada numéricamente como un valor de proximidad d(i). En el ejemplo ilustrado de la Figura 4, los valores de proximidad están representados por flechas que se denominan, respectivamente, de d(1) hasta d(13). En este ejemplo, la secuencia T y los valores de la señal de alarma que resultan de las técnicas descritas indicarán una tendencia en el parámetro monitorizado hacia el límite de alerta inferior 34b o hacia el límite de alerta superior 34a.

60 [0037] A continuación, en el bloque 46, se puede determinar un valor de secuencia T llamado T(i), que corresponde al valor actual de proximidad d(i). El valor de secuencia T denominado T(i) se puede determinar a través de un método incremental, por ejemplo al añadir el valor de proximidad previo (por ejemplo, d(i-1)) al valor de proximidad actual d(i). Cuando i es igual a uno, puede no haber un valor de proximidad previo. En este caso, el valor de secuencia T es el valor de proximidad actual d(i). En la Figura 4, los valores de la secuencia T se representan como rombos situados a lo largo de un eje horizontal. Según el ejemplo ilustrado, los valores de la secuencia T en la Figura 4 se denominan de T(1) hasta T(13).

65 [0038] Siguiendo el bloque 46 para el valor actual de i, el flujo lógico puede pasar al bloque 48, donde se determina si el

último valor del parámetro monitorizado de la ventana de muestras  $m$  se ha convertido en un valor de la secuencia  $T$ . Por ejemplo, en el bloque 48 se puede llegar a una determinación negativa si  $i$  es inferior a  $m$ . Si se hace una determinación negativa en el bloque 48, el flujo lógico puede pasar al bloque 50, donde el valor de  $i$  sufre un incremento de uno. Tras el bloque 50, el flujo lógico puede volver al bloque 42 para calcular el siguiente valor de la secuencia  $T$ .

[0039] Si en el bloque 48 se hace una determinación positiva, el flujo lógico puede pasar al bloque 52, donde la secuencia  $T$  se puede finalizar compensando los valores determinados de la secuencia  $T$  de manera que el primer valor de la secuencia  $T$ ,  $T(1)$ , sea igual a cero y que el espaciado relativo entre los valores de la secuencia  $T$  se mantenga. Por ejemplo, el primer valor de la secuencia  $T$ ,  $T(1)$ , puede sustraerse a partir de cada uno de los valores  $T(i)$  de la secuencia  $T$  a través de  $T(m)$ . El compensar la secuencia  $T$  de esta manera facilita la determinación de una señal de alarma tal y como se describe con mayor detalle más adelante.

[0040] Como se podrá apreciar, la secuencia  $T$  proporciona una noción del tiempo y una noción sobre cuánto se acerca el valor monitorizado al límite superior o inferior de interés. Por ejemplo, si un valor de la secuencia  $T$  tiene un valor de uno y el siguiente valor de la secuencia  $T$  es cinco, la separación entre los valores es de cuatro. Si el siguiente valor de la secuencia  $T$  es siete, la separación con el valor precedente es de dos. La reducción de la separación entre pares adyacentes de valores de la secuencia  $T$  muestra que el valor monitorizado se está desplazando hacia el límite inferior. El aumento en la separación entre pares adyacentes de valores de la secuencia  $T$  mostraría que el valor monitorizado se está desplazando hacia el límite superior. Se observaría lo opuesto si la proximidad de los valores del parámetro monitorizado se determinara respecto a un umbral superior en lugar de respecto a un umbral inferior.

[0041] Volviendo al flujo lógico de la Figura 3, una vez que la secuencia  $T$  se determina en el bloque 38, el flujo lógico puede pasar al bloque 54, donde se determinan los valores de la señal de alarma que corresponden a los valores de la secuencia  $T$ . A los valores de la señal de alarma se les denomina  $AV(i)$ . Los valores de la secuencia de alarma valoran de forma cuantitativa la existencia de una inclinación ascendente o descendente en el parámetro monitorizado y proporcionan un criterio para la generación de una alarma para advertir a un operador de la aparición de un problema con el conjunto de baterías 12.

[0042] La señal de alarma puede estar formada por valores de la señal de alarma  $AV(i)$  generados por la aplicación de la estadística de la prueba de Laplace (LTS) a los valores de la secuencia  $T$  (un número  $m$  de tiempos de llegada) en su orden cronológico en la ventana de observación de  $(0, T(m))$ . La LTS para el conjunto de valores  $m$  de la secuencia  $T$  se puede representar mediante la Ecuación 1 (Eq.1).

$$LTS = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{m-1} T(i)}{m-1} - \frac{T(m)}{2}}{T(m) \times \sqrt{\frac{1}{12(m-1)}}} \quad \text{Eq. 1}$$

[0043] Según la hipótesis nula de un proceso de Poisson homogéneo, el resultado de la aplicación de la LTS a la secuencia  $T$  tenderá a estar normalmente distribuido. Los valores altos negativos o altos positivos rechazarán la hipótesis nula de que no existe ninguna tendencia a un nivel de confianza seleccionado, donde  $\pm 1.96$  corresponde a un nivel de confianza de doble límite del 95 por ciento. Sin embargo, a diferencia de los estudios de fiabilidad en los que se suele aplicar la LTS, la LTS se usa en el análisis temporal mediante la aplicación de la LTS a una ventana monótonamente creciente de valores de la secuencia  $T$ . Los valores resultantes de la LTS son los valores de alarma  $AV(i)$  conforme a la ecuación 2 (Eq.2)

$$AV(i) = LTS \Big|_{\text{Secuencia } T(1, \dots, i)} \quad \text{Eq. 2}$$

[0044] Los valores de alarma tenderán a fluctuar entre valores positivos y negativos según el intervalo entre los valores de la secuencia  $T$ . Para hacer predicciones de calidad constante y aplicar umbrales de alarma de forma constante, los valores de alarma  $AV(i)$  (a veces denominados  $AVi$ ) se pueden normalizar de modo que los valores de alarma normalizados, denominados  $AS(AVi)$ , tengan un valor de entre -1 (menos uno) y +1 (más uno). Los valores de señal de alarma se pueden normalizar utilizando una versión numérica de la ecuación 3.

[0045] Con referencia adicional a la Figura 6, en ella se ilustra una representación gráfica de un ejemplo de una función de alarma de múltiples niveles basada en los tiempos de llegada de los valores de la secuencia temporal. En la Figura 6, el eje  $y$  representa la magnitud de los valores de alarma normalizados y el eje  $x$  representa el número de muestras desde el uno hasta el final de la ventana de observación, que es de 120 muestras en el ejemplo de la Figura 6.

[0046] El rango de posibles valores de alarma normalizados puede dividirse en múltiples zonas. En la forma de

realización ilustrada hay tres zonas, incluidas una zona neutra, una zona de alerta y una zona de alarma. La zona de alerta y la zona de alarma pueden tener cada una una parte superior y una parte inferior para indicar, respectivamente, una tendencia ascendente del parámetro monitorizado y una tendencia descendente del parámetro monitorizado. Se pueden utilizar menos de tres zonas o más de tres zonas.

[0047] El establecimiento de zonas para los valores de alarma normalizados pueden servir de apoyo a la hora de aplicar a la señal de alarma el concepto de control en múltiples niveles que se ha mencionado antes con respecto a la Figura 2. Por ejemplo, cuando los valores de alarma normalizados están en la zona neutra del ejemplo ilustrado, pueden indicarse unas condiciones normales de funcionamiento. Cuando los valores de alarma normalizados se mantienen en la zona de alerta superior, puede indicarse una tendencia ascendente del parámetro monitorizado hacia el fallo. Cuando los valores de alarma normalizados se mantienen en la zona inferior de alerta, puede indicarse una tendencia descendente del parámetro monitorizado hacia el fallo. De forma similar, cuando los valores de alarma normalizados se mantienen ya sea en la zona inferior de alarma, ya sea en la zona superior de alarma, puede indicarse un fallo o un fallo inminente del conjunto de baterías.

[0048] Tras la generación de la señal de alarma y, si procede, de la señal de alarma normalizada en el bloque 54, el flujo lógico puede pasar al bloque 56. En el bloque 56 se pueden aplicar las reglas de parada a la señal de alarma o a la señal de alarma normalizada, o a ambas. A modo de ejemplo, las reglas de parada descritas en este documento sólo se aplican a la señal de alarma normalizada, aunque es posible la modificación de las reglas de parada para su aplicación a la señal de alarma.

[0049] Las reglas de parada son un conjunto de criterios que, cuando se cumplen, son indicativos de una tendencia ascendente o descendente del parámetro monitorizado suficiente para informar a un usuario de que conviene prestar atención al conjunto de baterías 12. Se pueden establecer múltiples umbrales superiores e inferiores (también denominados límites) para que se generen alarmas para estados o graduaciones de gravedad en correspondencia con la tendencia del parámetro monitorizado. Por lo tanto, algunas alarmas se pueden considerar de mayor gravedad que otras alarmas. Por ejemplo, algunas alarmas pueden ser avisos de advertencia, mientras que otras pueden ser alertas más urgentes. Las alarmas pueden ser de cualquier forma que se considere apropiada, como un mensaje, una señal o algún otro mecanismo para transmitir la información a un dispositivo local, un dispositivo remoto (por ejemplo, una estación de control central situada lejos del lugar de la ubicación física del sistema de monitorización predictiva) y/o una persona. La alarma puede contar con una salida acústica y/o visual en un terminal de trabajo (por ejemplo, un ordenador y su pantalla), un panel indicador, etc.

[0050] Con referencia adicional a las figuras 7A, 7B y 7C, la señal de alarma o la señal de alarma normalizada proporcionan un mecanismo cuantitativo en función del cual se pueden formular las reglas de parada. Las figuras 7A, 7B y 7C son gráficos con ejemplos de tendencias de los parámetros monitorizados. Por ejemplo, en la Figura 7A, el parámetro monitorizado presenta una inclinación descendente hacia el límite operativo extraordinario inferior 32b (o, alternativamente, el límite de alerta inferior 34b). En respuesta a esta tendencia, los tiempos entre llegadas asociados a la secuencia T correspondiente (por ejemplo, la separación entre los valores de la secuencia T) tenderán a disminuir. Esto, a su vez, se traduce en un movimiento de la señal de alarma normalizada hacia menos uno. En la Figura 7B, el parámetro monitorizado presenta una inclinación ascendente hacia el límite operativo extraordinario superior 32a (o, alternativamente, el límite de alerta superior 34a). En respuesta a esta tendencia, los tiempos entre llegadas asociados a la secuencia T correspondiente tenderán a incrementarse. Esto, a su vez, se traduce en un movimiento de la señal de alarma normalizada hacia más uno. En la Figura 7C no hay ninguna inclinación específica (por ejemplo, los valores de la señal de alarma normalizada permanecen en la zona neutra), y una señal de alarma normalizada resultante tenderá a quedarse en la zona neutra (en la Figura 6 se ilustra una zona neutra de ejemplo).

[0051] A causa de posibles comportamientos de la señal de alarma, las reglas de parada se pueden establecer de modo que se centren en al menos un límite inferior (llamado  $T_{low}$ ) y al menos un límite superior (llamado  $T_{hi}$ ). Se reconocerá que se pueden establecer múltiples límites inferiores y múltiples límites superiores de modo que se puedan generar alarmas con el movimiento de la señal de alarma normalizada respecto de los umbrales múltiples. Las reglas de parada se pueden configurar de modo que la(s) alarma(s) se pueda(n) establecer de forma predictiva. Por ejemplo, se puede establecer el límite de modo que la señal de alarma normalizada pueda cruzar dicho límite antes de que el valor monitorizado atravesase un límite correspondiente (por ejemplo, el límite 40, 42 o 44). Por ejemplo, en una forma de realización con solo un límite inferior y un límite superior, se pueden establecer dos reglas básicas de parada. La primera regla puede consistir en que, si  $AS(AV_i)$  es inferior o igual a  $T_{low}$ , la señal de alarma ha cruzado el umbral inferior. Si se desea, se puede generar una alarma que indique que se ha alcanzado el límite inferior correspondiente. La segunda regla puede consistir en que, si  $AS(AV_i)$  es mayor de o igual a  $T_{hi}$ , la señal de alarma ha cruzado el umbral superior. Si se desea, se puede generar una alarma que indique que se ha alcanzado el límite superior correspondiente.

[0052] Puede haber casos en los que se cumpla la primera o la segunda regla pero no exista un estado defectuoso incipiente de la batería. Por ejemplo, el parámetro monitorizado puede tender hacia un límite (por ejemplo, el límite 42 o el límite 44) y volver a un funcionamiento neutro. En otras situaciones, puede que una condición no relacionada con el conjunto de baterías 12 lleve a que se cumpla una de las reglas. En vista de estas posibilidades, el sistema de monitorización predictiva 10 se puede configurar basado en las preferencias del usuario para compensar entre la probabilidad de generar una alarma falsa y la probabilidad de generar una alarma más allá de la fase de inicio de un

estado defectuoso de lo deseado.

[0053] En una forma de realización, los valores de  $T_{hi}$  y  $T_{low}$  se pueden seleccionar basados en la tolerancia del usuario para falsas alarmas y la frecuencia deseada para las alarmas. La probabilidad de falsas alarmas pueden disminuir a medida que el valor absoluto de  $T_{hi}$  y  $T_{low}$  aumenta. Cuanto más aumente el valor absoluto de  $T_{hi}$  y  $T_{low}$ , más tardará en generarse una alarma para un defecto incipiente (por ejemplo, el conjunto de baterías 12 puede haber ido más allá de la fase de fallo incipiente que si los valores  $T_{hi}$  y  $T_{low}$  hubieran sido más bajos). Por lo tanto, se pueden establecer los valores de  $T_{hi}$  y  $T_{low}$  para cada aplicación de monitorización del conjunto de baterías 12 de acuerdo con la experiencia, las preferencias de usuario, los datos técnicos para el conjunto de baterías 12, la importancia relativa del uso del conjunto de baterías 12, las pérdidas resultantes de los conductores a través de los cuales se toman las mediciones, etcétera. Un ejemplo de valor por defecto para  $T_{hi}$  puede ser 0.90 aproximadamente, pero se pueden utilizar otros valores (por ejemplo, 0.80 aproximadamente, 0.85 aproximadamente, o 0.95 aproximadamente). De forma similar, un ejemplo de valor por defecto para  $T_{low}$  puede ser alrededor de menos 0.90, pero se pueden utilizar otros valores (por ejemplo, alrededor de menos 0.80, alrededor de menos 0.85, o alrededor de menos 0.95).  $T_{hi}$  y  $T_{low}$  pueden tener valores absolutos iguales o diferentes.

[0054] En otra forma de realización, las reglas de parada se pueden modificar para generar una alarma después de se produzca un número consecutivo de infracciones de las reglas de parada básicas. Esto puede reducir la probabilidad de falsas alarmas al mitigar el impacto del ruido y de los valores atípicos.

[0055] Según las reglas de parada modificadas, cada vez que la señal de alarma  $AS(AV_i)$  es inferior o igual a  $T_{low}$ , se registra una infracción "inferior". De forma similar, cada vez que la señal de alarma  $AS(AV_i)$  es superior o igual a  $T_{hi}$ , se registra una infracción "superior". Las infracciones inferiores consecutivas y las infracciones superiores consecutivas se cuentan de forma separada hacia un número máximo de infracciones inferiores consecutivas permisibles ( $NOPCV_{low}$ ) y hacia un número máximo de infracciones superiores consecutivas permisibles ( $NOPCV_{hi}$ ), respectivamente. Si  $NOPCV_{low}$  es superior o igual a un umbral predeterminado ( $N_{low}$ ), se puede generar una alarma que indica que se está alcanzando el límite inferior correspondiente. De forma similar, si  $NOPCV_{hi}$  es superior o igual a un umbral predeterminado ( $N_{hi}$ ), se puede generar una alarma que indica que se está alcanzando el límite superior correspondiente. Los umbrales  $N_{low}$  y  $N_{hi}$  se pueden expresar en forma de varias muestras y pueden tener los mismos o diferentes valores. En una forma de realización, uno de los umbrales  $N_{low}$  y  $N_{hi}$  o ambos puede(n) ser aproximadamente 3 muestras, 5 muestras, 8 muestras, 10 muestras, o algún otro número de muestras.

[0056] En una forma de realización, se pueden aplicar varias reglas básicas de parada y/o reglas de parada modificadas. Por ejemplo, la señal de alarma normalizada se puede aplicar a valores con varios límites ( $T_{low}$  y/o  $T_{hi}$ ) y/o valores con varios umbrales ( $N_{low}$  y/o  $N_{hi}$ ). De esta manera, se pueden generar alarmas múltiples basadas en varias combinaciones de comportamientos del conjunto de baterías 12.

[0057] Todavía con referencia a la Figura 3, tras la aplicación de las reglas de parada en el bloque 56, el flujo lógico puede continuar hacia el bloque 58, donde se determina si las reglas de parada y/o las reglas de parada modificadas resultan en la generación de una alarma. Si en el bloque 58 se hace una determinación negativa, el flujo lógico puede seguir hasta el bloque 60, donde el número predeterminado de valores del parámetro monitorizado  $m$  se incrementa en uno. A continuación del bloque 60, el flujo lógico puede volver al bloque 36. La técnica de monitorización del conjunto de baterías 12 se puede repetir utilizando el valor incrementado para  $m$ . Cuando se repite, se pueden guardar los valores previamente establecidos para el parámetro monitorizado, la secuencia  $T$ , la señal de alarma y/o la señal de alarma normalizada para su reutilización. De este modo, la ventana de observación se puede expandir con una muestra más, y las muestras previas se reutilizan. En otra forma de realización, no se utiliza la muestra más antigua con el fin de que la ventana de observación conserve el mismo tamaño que en repeticiones anteriores de la técnica, pero la ventana de observación avanza hacia adelante con cada repetición. En otra forma de realización, no se reutiliza ninguna muestra previa con el fin de que se establezca una ventana de observación completamente nueva después de que haya pasado un período de tiempo correspondiente a las muestras  $m$ .

[0058] Si se hace una determinación positiva en el bloque 58, el flujo lógico puede seguir hacia el bloque 62. En el bloque 62 se puede confirmar la alarma que corresponde a la infracción de la regla de parada o de la regla de parada modificada que tiene como resultado la determinación positiva. Tal y como se indica, las alarmas pueden tomar cualquier forma que se considere adecuada, como un mensaje, una señal o algún otro mecanismo que transmita información a un dispositivo local, un dispositivo remoto y/o una persona. En una forma de realización, el flujo lógico puede terminar en el bloque 62. La técnica de monitorización puede ser restablecida y/o reiniciada después de que el conjunto de baterías 12 sea inspeccionado y/o se lleve a cabo una acción correctora. En otra forma de realización, tras el bloque 62, el flujo lógico puede pasar al bloque 60 para continuar la monitorización continua del conjunto de baterías 12.

[0059] Se podrá apreciar que algunas partes del flujo lógico se pueden repetir para derivar una secuencia  $T$  adicional basada en valores de proximidad que se determinan con respecto al otro umbral (por ejemplo, el límite 30, 32 o 34). Se pueden generar una señal de alarma adicional y una señal de alarma normalizada, que se pueden comparar con las reglas de parada o las reglas de parada modificadas. Además, el flujo lógico se puede llevar a cabo aparte para un parámetro monitorizado diferente.

[0060] En referencia adicional a las figuras de 8A hasta 12C, en ellas se presentarán ejemplos del funcionamiento de la técnica de control del conjunto de baterías 12. Los ejemplos son simulaciones por ordenador de la aplicación de la técnica a varias señales de entrada, donde las señales de entrada representan un parámetro monitorizado durante un periodo de tiempo. Las señales de entrada de los siguientes ejemplos son señales normalizadas que pueden representar una función de uno o varios de los siguientes: voltaje, corriente, impedancia o temperatura del conjunto de baterías 12. Esto se debe a que la técnica de monitorización predictiva es independiente del parámetro de la batería monitorizada. En estos ejemplos, se asume que la señal de entrada varía dentro de límites específicos, que se representan en las figuras con líneas discontinuas/punteadas.

[0061] Las figuras 8A, 8B y 8C corresponden a un primer ejemplo donde la señal de entrada (representada en la Figura 8A) fluctúa de forma aleatoria entre un límite superior y uno inferior. En este ejemplo no hay una tendencia monotónica hacia ninguno de los límites. La Figura 8B ilustra una secuencia T que corresponde a la señal de entrada de la Figura 8A. La Figura 8C ilustra una señal de alarma normalizada derivada de la secuencia T de la Figura 8B. La señal de alarma normalizada no indica ninguna inclinación específica y varía generalmente en una zona neutra (por ejemplo, en un rango de -0.5 a 0.5 aproximadamente). En este ejemplo, no se genera ninguna alarma en respuesta al comportamiento de la señal de entrada.

[0062] Las Figuras 9A, 9B y 9C corresponden a un segundo ejemplo donde la señal de entrada (representada en la Figura 9A) se acerca gradualmente a un límite inferior. Así, en este ejemplo hay una tendencia monotónica hacia el límite inferior. La Figura 9B ilustra una secuencia T que corresponde a la señal de entrada y que muestra un índice creciente de tiempos de llegada hacia el final de la ventana de observación. La señal de alarma normalizada, tal y como se muestra en la Figura 9C, presenta una visión cuantitativa de la inclinación hacia el límite inferior. Si el umbral de alarma  $T_{low}$  se estableciera en -0.95 aproximadamente, se podría generar una alarma cuando la señal de alarma normalizada atravesara el umbral, a modo de indicación predictiva de un problema con el conjunto de baterías 12 (lo cual, en la ilustración de la Figura 9C, ocurre en la muestra 47).

[0063] Las Figuras 10A, 10B y 10C corresponden a un tercer ejemplo donde la señal de entrada (representada en la Figura 10A) se acerca gradualmente a un límite superior. Así, en este ejemplo hay una tendencia monotónica hacia el límite superior. Este comportamiento podría ser un modelo de fallo típico cuando la impedancia interna de un cajetín, serie o un conjunto mayor de componentes de batería se usa como parámetro monitorizado. La Figura 10B ilustra una secuencia T que corresponde a la señal de entrada y muestra un índice decreciente de tiempos de llegada hacia el final de la ventana de observación, lo que indica desviaciones prolongadas de la señal de entrada del límite inferior. La señal de alarma normalizada, tal y como se muestra en la Figura 10C, presenta una visión cuantitativa de la inclinación hacia el límite superior. Si el umbral de alarma  $T_{hi}$  se estableciera en aproximadamente 0.95, se podría generar una alarma cuando la señal de alarma normalizada atravesara el umbral, a modo de indicación predictiva de un problema con el conjunto de baterías 12 (lo cual, en la ilustración de la Figura 10C, ocurre en la muestra 41).

[0064] Las Figuras 11A, 11B y 11C corresponden a un cuarto ejemplo donde la señal de entrada (representada en la Figura 11 A) incluye una inclinación ascendente seguida de una inclinación descendente. Esto se puede considerar un comportamiento compuesto de la señal de entrada. En este ejemplo hay una tendencia ascendente en las veinte primeras muestras de la señal de entrada seguida de una tendencia descendente. La secuencia T (Figura 11 B) y la señal de alarma normalizada (Figura 11 C) vuelven a la tendencia ascendente inicial. Entonces, la señal de alarma normalizada vuelve a la zona neutra a medida que la señal de entrada se aleja del límite superior. Se pueden establecer las reglas de parada modificadas de forma que permitan este comportamiento sin generar una alarma (por ejemplo, un  $N_{hi}$  de aproximadamente 20 o 25 muestras).

[0065] Las Figuras 12A, 12B y 12C corresponden a un quinto ejemplo donde la señal de entrada (representada en la Figura 12A) incluye una inclinación ascendente seguida de una inclinación descendente. Similar al cuarto ejemplo, el comportamiento ilustrado se puede considerar un comportamiento compuesto de la señal de entrada. Asimismo, el quinto ejemplo ilustra un caso degenerativo en el que no hay criterios suficientes para producir una alarma mientras la proximidad a los límites inferiores o superiores sea estadísticamente insignificante. En este ejemplo, hay una tendencia ascendente en las primeras setenta y tres muestras y una tendencia descendente a continuación. La secuencia T (Figura 12B) y la señal de alarma normalizada (Figura 12C) recuperan la tendencia ascendente inicial. Entonces, la señal de alarma normalizada tiende hacia el límite inferior, lo cual puede desencadenar una alarma dependiendo de las reglas de parada modificadas.

[0066] Se ha descrito un método de tratamiento de señales temporales y un sistema para la monitorización continua del estado de una batería o de un componente de suministro de energía para IED a lo largo de un periodo de tiempo y para detectar problemas incipientes que, de otra forma, no se detectarían. El método se puede adaptar a cualquier parámetro disponible, como una función de uno o más de los siguientes: voltaje, corriente, impedancia o temperatura. Esto reduce la dependencia de los dispositivos especializados de prueba y de recogida de datos. Según el sistema y el método, se pueden detectar fallos inminentes en su fase incipiente para permitir un mantenimiento "justo a tiempo". Además, los comportamientos pasado y actual del parámetro monitorizado se utilizan en el análisis, lo cual puede mitigar el efecto de los valores atípicos y del ruido de medición. Asimismo, el uso de valores pasados y actuales del parámetro monitorizado permite que se revelen desviaciones graduales e incrementales de forma consistentemente

5 aplicada a través del uso de una implementación informatizada o basada en una máquina. La personalización por parte del usuario se simplifica debido a que los niveles de alarma se puede establecer para una señal de alarma normalizada que se mantiene dentro de unos límites conocidos (por ejemplo, -1 y +1). Además, la monitorización puede funcionar de manera repetitiva, de tal modo que se reduce la complejidad computacional. Asimismo, el sistema se puede introducir en un dispositivo de control de batería autónomo o en el equipamiento que posiblemente vaya a estar presente en la localización de la batería, tal como un dispositivo de control de un disyuntor en una subestación.

10 [0067] Aunque se han mostrado y descrito algunas formas de realización, se entiende que, tras leer y entender esta especificación, los expertos en la técnica idearán equivalentes y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de control de un conjunto de baterías (12), que comprende:
  - 5 la monitorización (36) de un parámetro asociado al conjunto de baterías (12) para obtener un determinado número de muestras del parámetro monitorizado (28);  
y **se caracteriza por el hecho de que comprende:**
  - 10 la generación (38) de una secuencia temporal de valores monótonamente crecientes ( $T(i)$ ) a partir de las muestras del parámetro monitorizado (28); y
  - 15 el análisis de la secuencia temporal para obtener una indicación de una tendencia del parámetro monitorizado hacia o bien un límite operativo superior (30a, 32a, 34a), o bien un límite operativo inferior (30b, 32b, 34c) para predecir defectos del conjunto de baterías (12).
  - 20 2. Método según la reivindicación 1, donde el análisis incluye la derivación (54) de una señal de alarma de la secuencia temporal, donde la señal de alarma cuenta con una serie de valores ( $AV_i$ ) basados en la aplicación de la estadística de la prueba de Laplace a los valores de la secuencia temporal ( $T(i)$ ).
  - 25 3. Método según la reivindicación 2, donde el análisis incluye además la comparación (56) de la señal de alarma con al menos uno de entre un umbral superior ( $T_{hi}$ ) y un umbral inferior ( $T_{low}$ ).
  - 30 4. Método según la reivindicación 3, que comprende además la generación (62) de una alarma si la señal de alarma cruza el umbral superior ( $T_{hi}$ ) o el umbral inferior ( $T_{low}$ ) en un número predeterminado ( $N_{low}$ ,  $N_{hi}$ ) de valores de la señal de alarma ( $AV_i$ ).
  - 35 5. Método según la reivindicación 2, donde el análisis incluye además la normalización de la señal de alarma y la comparación de la señal de alarma normalizada con al menos uno de entre un umbral superior ( $T_{hi}$ ) y un umbral inferior ( $T_{low}$ ).
  - 40 6. Método según la reivindicación 5, que comprende además la generación (62) de una alarma si la señal de alarma normalizada cruza el umbral superior ( $T_{hi}$ ) o el umbral inferior ( $T_{low}$ ) en un número predeterminado ( $N_{low}$ ,  $N_{hi}$ ) de valores de señal de alarma ( $AS(AV_i)$ ).
  - 45 7. Método según la reivindicación 5, que comprende además la generación (62) de una alarma si la señal de alarma normalizada cruza el umbral superior ( $T_{hi}$ ) o el umbral inferior ( $T_{low}$ ).
  8. Método según la reivindicación 1, donde el conjunto de baterías (12) comprende una batería de plomo y ácido.
  9. Método según la reivindicación 1, donde el conjunto de baterías (12) se monitoriza mientras está en funcionamiento, donde dicho conjunto de baterías (12) constituye una fuente de energía primaria para una carga (20).
  10. Método según la reivindicación 1, donde el conjunto de baterías (12) se utiliza en una subestación de transmisión y distribución de energía eléctrica.
  11. Método según la reivindicación 1, donde el parámetro monitorizado es una función de al menos uno de entre los siguientes: voltaje, corriente, impedancia o temperatura.
  12. Ensamblado de monitorización predictiva (10) para un conjunto de baterías (12), **caracterizado por el hecho de que** comprende un analizador (24) que genera una secuencia temporal de valores monótonamente crecientes ( $T(i)$ ) basada en una serie de muestras del parámetro monitorizado (28), donde las muestras del parámetro monitorizado (28) se obtienen mediante la monitorización de un parámetro asociado al conjunto de baterías (12), y que analiza la secuencia temporal en busca de una indicación de una tendencia del parámetro monitorizado hacia un límite operativo superior (30a, 32a, 34a) o hacia un límite operativo inferior (30b, 32b, 34a) para predecir un defecto del conjunto de baterías (12).
  13. Ensamblado de monitorización predictiva (10) según la reivindicación 12, donde el analizador (24) deriva una señal de alarma de la secuencia temporal, donde la señal de alarma cuenta con una serie de valores ( $AV_i$ ) basados en la aplicación de la estadística de una prueba de Laplace a los valores de la secuencia temporal ( $T(i)$ ).
  14. Ensamblado de monitorización predictiva (10) según la reivindicación 13, donde el analizador (24) genera una alarma si una representación de la señal de alarma cruza un umbral superior ( $T_{hi}$ ) o un umbral inferior ( $T_{low}$ ) en un número predeterminado ( $N_{hi}$ ,  $N_{low}$ ) de valores de la señal de alarma ( $AV_i$ ).
  15. Ensamblado de monitorización predictiva (10) según la reivindicación 12, que comprende además un ensamblado de monitorización (22) que mide un parámetro asociado al conjunto de baterías (12).

16. Ensamblado de monitorización predictiva (10) según la reivindicación 12, donde el conjunto de baterías (12) se monitoriza mientras está en funcionamiento, donde dicho conjunto de baterías (12) es una fuente de energía secundaria o de seguridad para una carga (20).

5

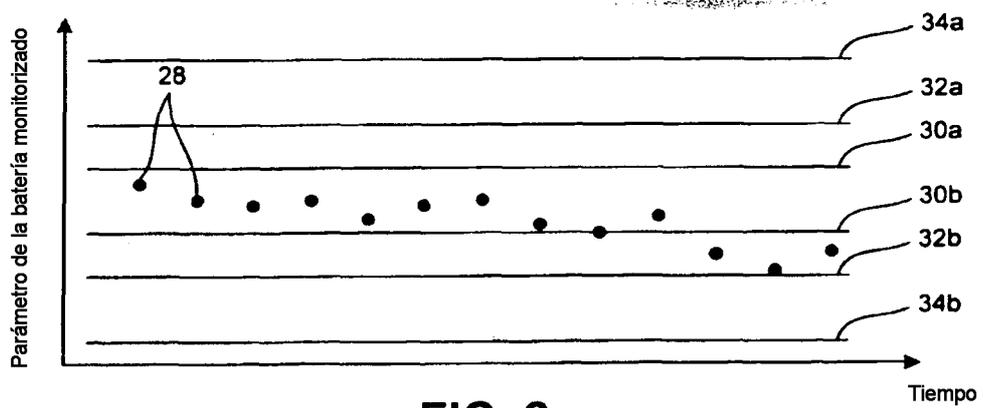
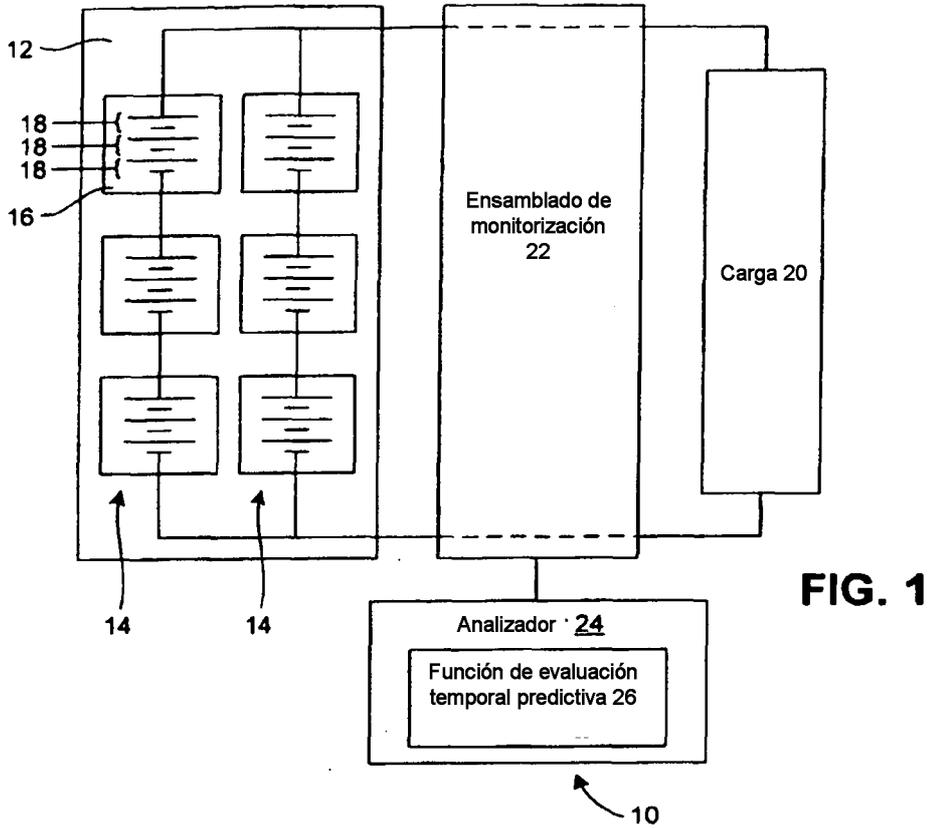


FIG. 2

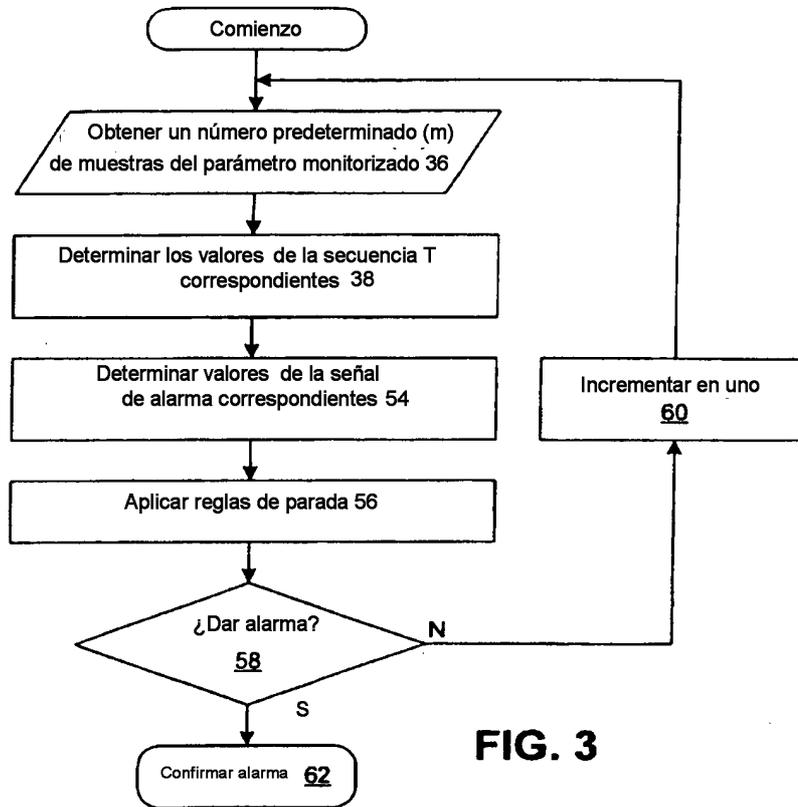


FIG. 3

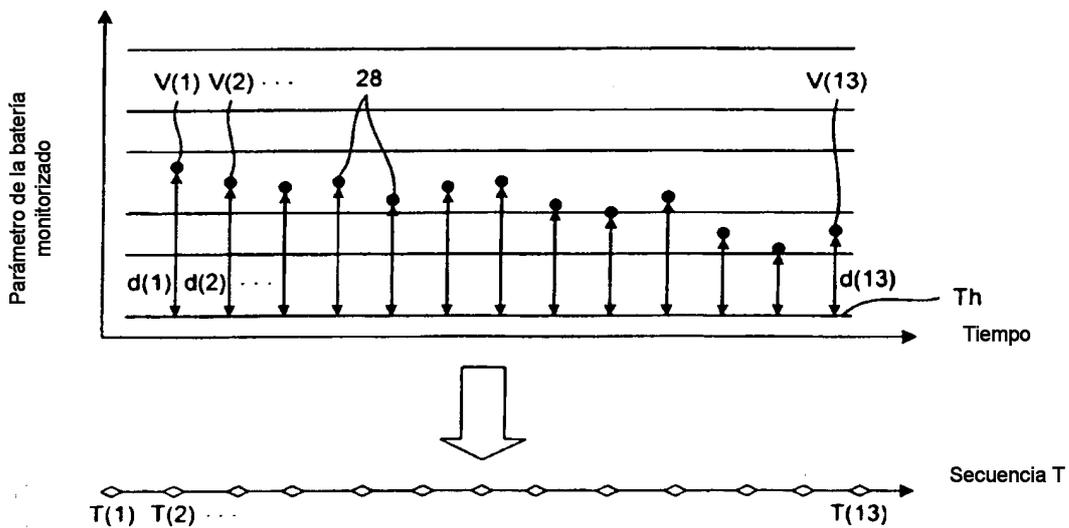
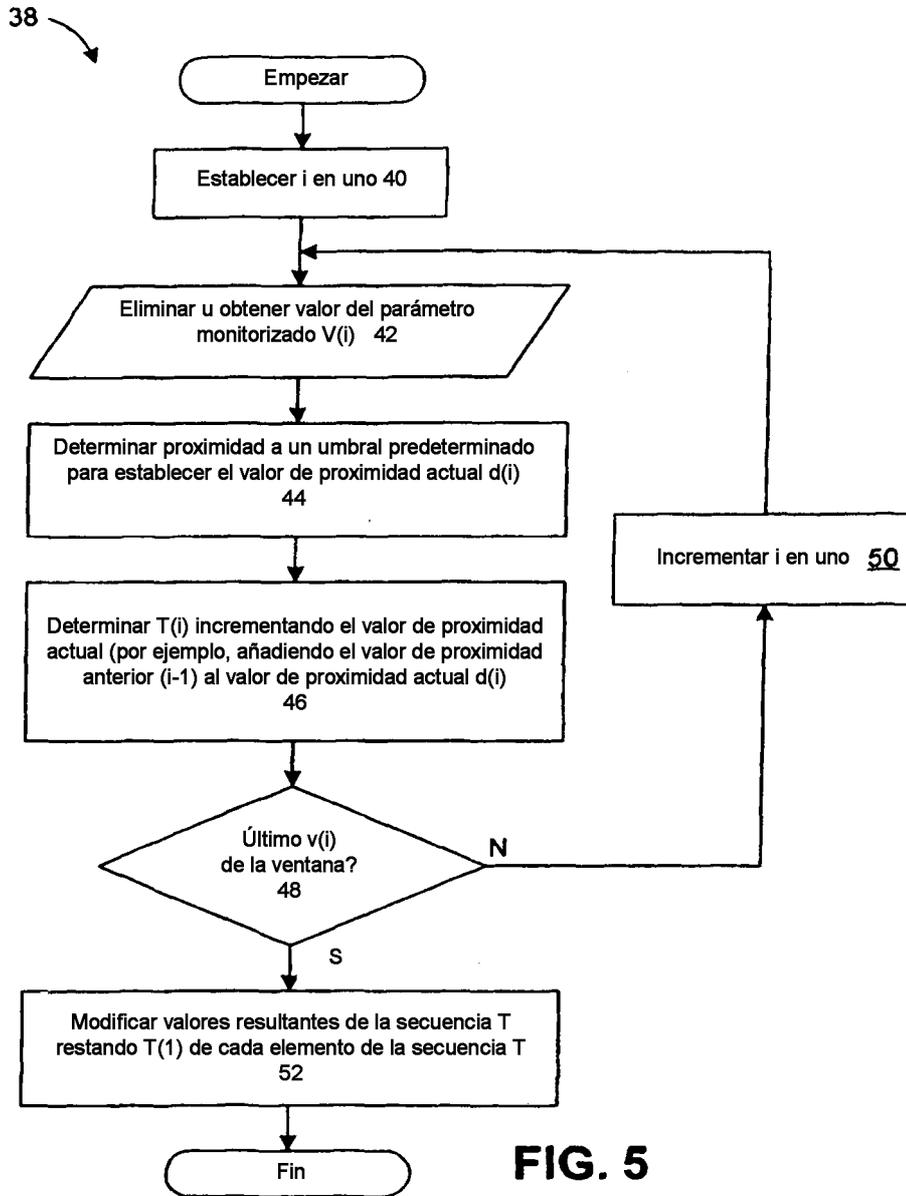
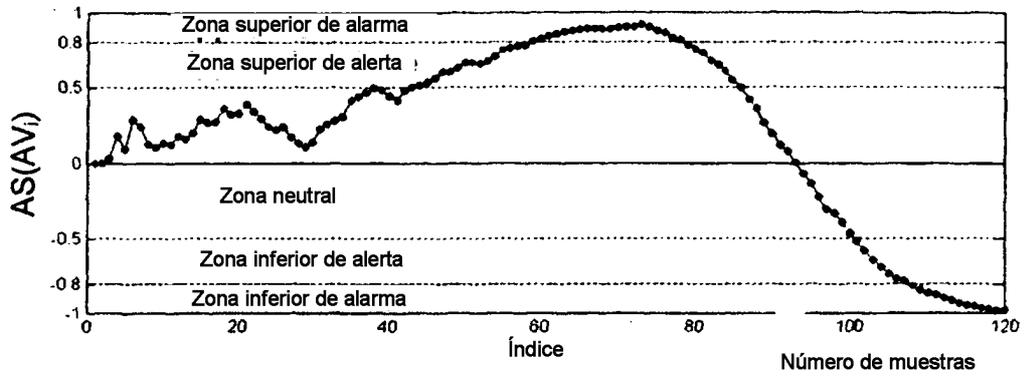
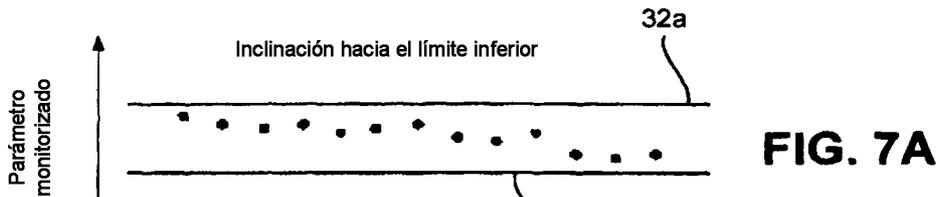


FIG. 4

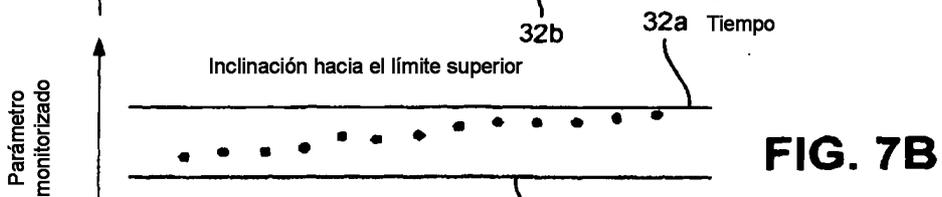




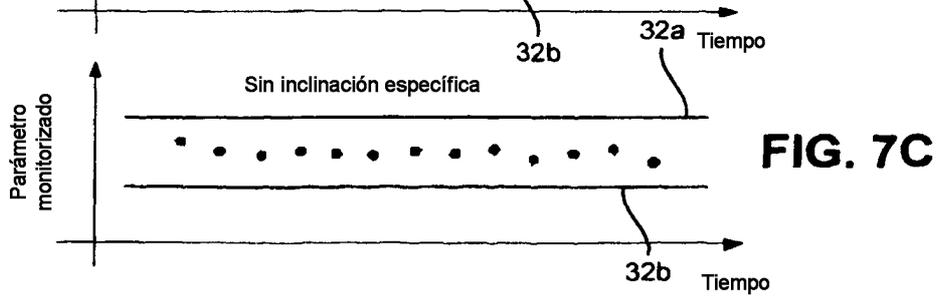
**FIG. 6**



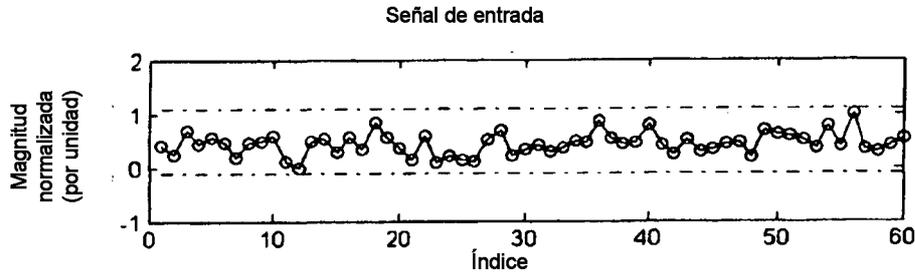
**FIG. 7A**



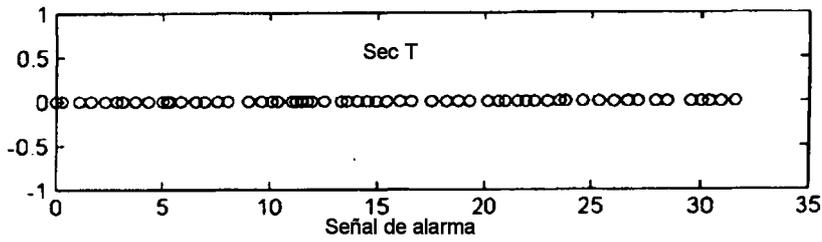
**FIG. 7B**



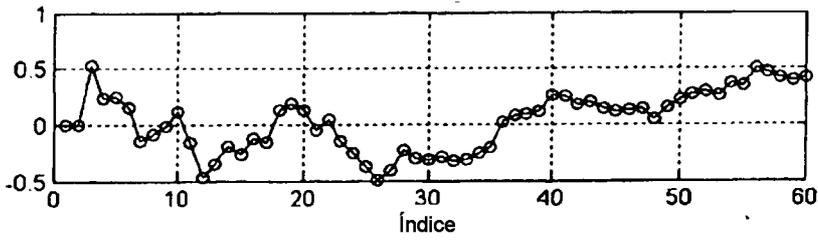
**FIG. 7C**



**FIG. 8A**



**FIG. 8B**



**FIG. 8C**

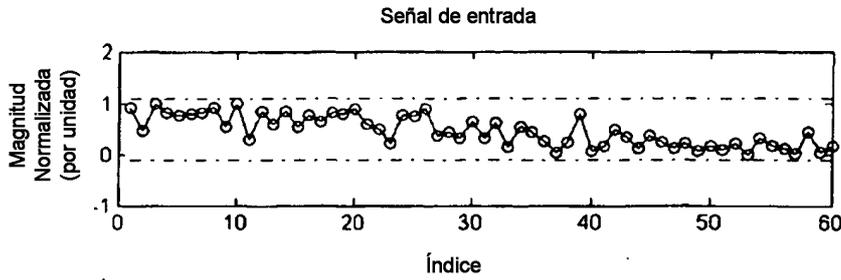


FIG. 9A

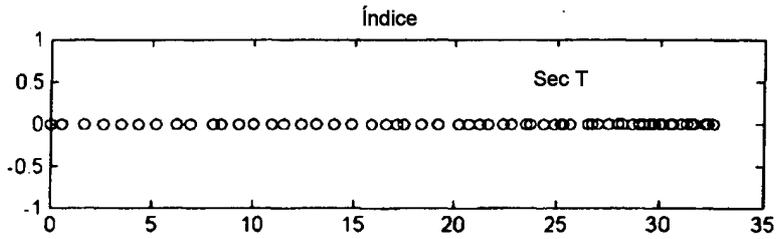


FIG. 9B

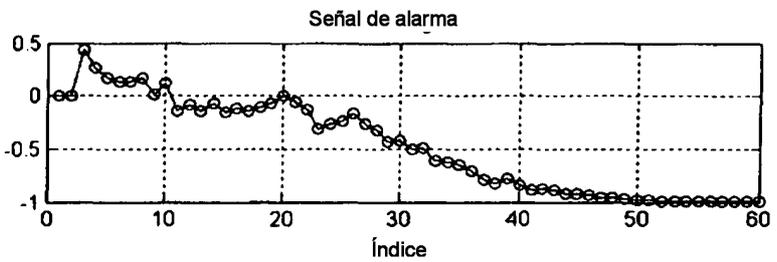


FIG. 9C

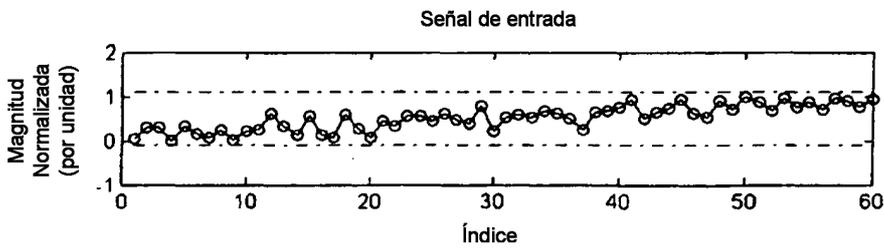


FIG. 10A

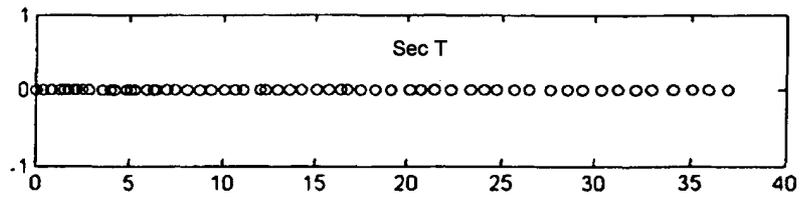


FIG. 10B

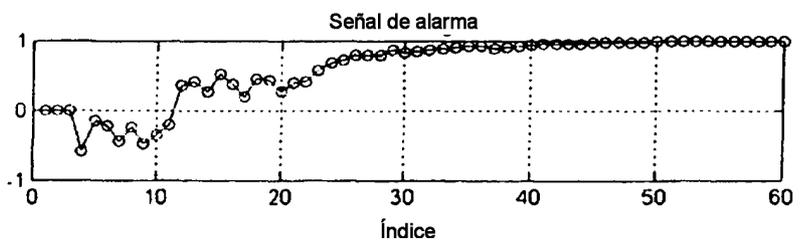


FIG. 10C

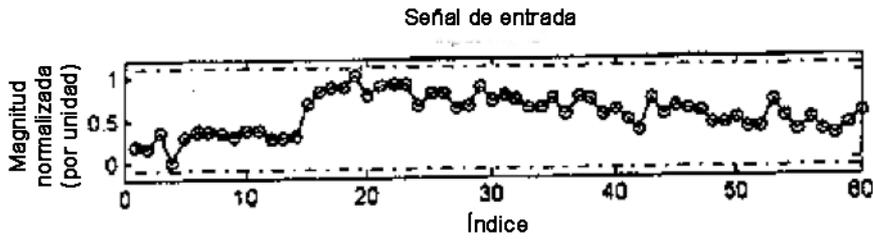


FIG. 11A

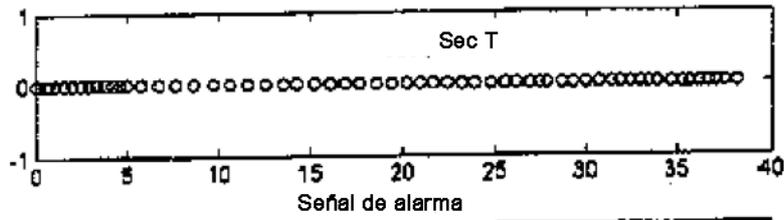


FIG. 11B

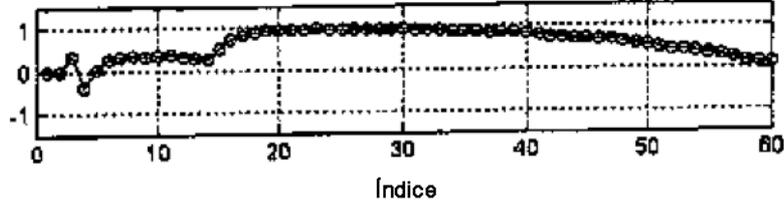


FIG. 11C



FIG. 12A

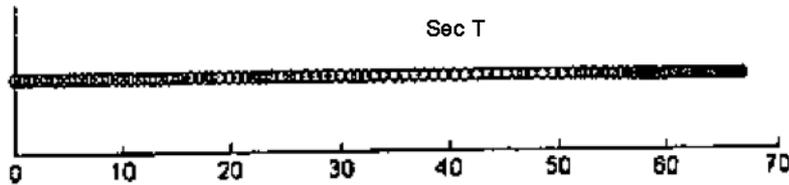


FIG. 12B

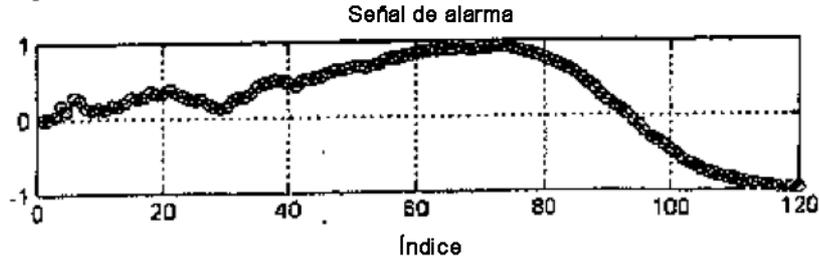


FIG. 12C